

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

G. TH. GUILBAUD

La recherche opérationnelle et ses applications

Revue de statistique appliquée, tome 4, n° 3 (1956), p. 7-20

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1956__4_3_7_0

© Société française de statistique, 1956, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « *Revue de statistique appliquée* » (<http://www.sfds.asso.fr/publicat/rsa.htm>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

LA RECHERCHE OPÉRATIONNELLE ET SES APPLICATIONS

par

G. Th. GUILBAUD

Professeur à l'École des Hautes Études

M. GUILBAUD. - Messieurs, je suis très confus de devoir prendre la parole devant une assemblée technique comme la vôtre, une assemblée de gens qui, lorsqu'ils parlent, savent de quoi ils parlent.

Puisqu'il m'échoit de parler en peu de minutes, d'un sujet que j'ai la naïveté de croire vaste, et étant, je le confesse dès le début pour que vous ne puissiez pas m'en accuser par la suite, assez peu technicien, je me cantonnerai dans ce que quelques-uns d'entre vous auront la cruauté de dire que c'étaient des généralités.

Je voudrais cependant faire de mon mieux, c'est-à-dire faire que ces généralités aient tout de même une certaine pertinence et une certaine efficacité. Je ne garantis pas que ce sera vrai pour les divers propos que je tiendrai. Je sais que c'est là un jeu que je joue, et je vais essayer de faire pour le mieux, de répartir les données dont je dispose de telle façon à ne mécontenter qu'une fraction limitée de l'auditoire.

Parler de "recherche opérationnelle", cela signifie que l'on essayera d'abord de dire ce que c'est. Ne nous plaçons pas, si vous voulez bien, au point de vue de Sirius ni au point de vue de ce que l'histoire aurait pu être si les choses s'étaient passées autrement. Prenons les choses telles qu'elles sont, sans nous vanter surtout de savoir ce qui va arriver.

La recherche opérationnelle ? C'est un évènement. Est-ce une science ? Est-ce un art ? Est-ce une technique ? Ce qu'elle est, j'avoue n'en rien savoir encore. J'envie ceux qui misent pour ou contre, comme si les jeux étaient déjà faits. A mon avis, - et c'est le sens de tout ce que je vais dire -, les jeux ne sont pas faits, les choses sont en train de se dérouler et c'est pourquoi j'ai accepté de vous parler car je pense que, vous aussi, vous avez à jouer.

J'ai dit : c'est un évènement ; et cela crève les yeux. On en parle, on désire en parler... , je suis ici pour en parler. On en parle de façon plus ou moins systématique : il y a des réunions périodiques, et si je suis ici, c'est probablement parce que, depuis trois ans, j'ai accepté d'organiser à l'Institut de statistique de l'Université de Paris, des réunions hebdomadaires sur le sujet. Ainsi, toutes les semaines, à Paris, il se trouve une quarantaine de personnes ou davantage pour débattre de ce qu'elles nomment Recherche Opérationnelle. On en parle, mais on en écrit aussi ; on en écrit un peu partout. Commençons par le bas : dès à présent, ce qui ne s'était vu jusqu'ici qu'en langue anglaise se voit depuis ces derniers mois, en langue française : des petites annonces :

c'est significatif il me semble. Montons plus haut : Il y a des articles, dans des revues diverses, un peu partout : quelle est la revue un peu technique qui n'ait pas eu son article sur la recherche opérationnelle ? Il y a enfin des revues spécialisées en diverses langues, et même quelques livres.

Donc : on en parle et on en écrit. On en fait aussi. Il existe, de par le monde un certain nombre de gens qui prennent l'étiquette, qui ont une certaine activité que nous pourrions analyser, qui se constituent en groupes, à l'intérieur d'une entreprise la plupart du temps. Il en existe, dès à présent, non seulement, dans les pays anglo-saxons, depuis déjà quelques années, mais aussi en France. Il existe aussi des groupes autonomes qui vendent leurs services aux entreprises.

Il existe enfin sur un autre plan, des sociétés analogues à la vôtre, qui s'intitulent "Sociétés de Recherche Opérationnelle", dont toute l'activité est centrée sur la recherche opérationnelle, telle, du moins, qu'elles l'entrevoient ; la plus ancienne de toutes est la société anglaise, il existe deux Sociétés américaines ; depuis peu de temps, enfin, une Société française.

Comme tout évènement, la recherche opérationnelle entraîne des attitudes assez variées, d'où le bruit alentour de la chose : des snobismes, d'abord, bien entendu, laissons-les de côté, si vous permettez - Des scepticismes aussi - laissons-les également, pour simplifier - des exploitations plus ou moins honnêtes. Si la recherche opérationnelle se vend bien, méfiez-vous des contrefaçons, des abus de désignation : Aimez-vous la recherche opérationnelle ? Nous en mettrons un peu partout. Et puis aussi des protestations d'intolérance : ça, c'est de la recherche opérationnelle. Ça ce n'est pas de la vraie recherche opérationnelle. Comme si l'on savait dès à présent très exactement où l'on va.

Mais, allez-vous me dire, voilà qui est très inquiétant : Essayons donc de décrire ce mouvement, non pas de le définir, mais de le voir tout simplement et de voir quelles sont ses composantes fondamentales et en quoi celles-ci peuvent nous intéresser.

La description de ce mouvement, que j'essayerai de faire brève, consiste en ceci. On commence - et je dis bien : on commence, et je crois qu'en effet il s'agit d'un début (encore une fois, quand quelque chose naît, on ne connaît point sa longévité et je ne prophétise pas pour l'instant, mais je vois quelque chose naître et croître et augmenter depuis dix ans) - on commence donc à entrevoir la possibilité d'une étude de caractère scientifique, d'une recherche scientifique, d'une réflexion scientifique, d'une science si vous y tenez, dont l'objet propre soit **l'action humaine** et les **décisions** que prennent les hommes, et non pas tel ou tel canton du monde **exterieur**, tel ou tel domaine matériel, tel ou tel domaine de la nature physique, ou biologique, voire psychologique.

Des hommes se trouvent mis en présence de choix à faire ; ils doivent choisir et il semble - la sagesse des nations, ainsi que diverses morales, l'affirment - qu'il vaut mieux qu'ils choisissent, comme on dit, en toute connaissance de cause c'est-à-dire en sachant ce qu'ils font.

Ce n'est pas tout à fait neuf, bien entendu, cela a des racines très lointaines. Depuis fort longtemps, on sait qu'il est possible de mettre en oeuvre des éléments de nature scientifique pour éclairer les actions et les décisions humaines, mais c'est depuis peu qu'on a songé à systématiser.

Il ne s'agit pas de faire comme ferait un sociologue qui étudierait la sociologie des chefs d'entreprise en France, aux Etats-Unis et qui dirait : les chefs d'entreprise, je les vois agir de telle et telle façon ; voilà l'enseignement qu'ils ont reçu, voilà les informations qu'ils connaissent, voilà la façon dont ils réfléchissent, voilà comment ils constituent leur état-major et voilà finalement ce

qu'ils décident. Non pas. Il ne s'agit pas du tout de les voir de l'extérieur, comme un entomologiste étudierait les fourmis, mais on tâche de se mettre au dedans et du point de vue même de leur propre responsabilité.

On commence donc à entrevoir la possibilité d'une réflexion scientifique dans ce domaine jusqu'ici, semble-t-il, assez rebelle à de pareilles systématisations. Dans divers secteurs, militaires et scientifiques d'abord, industriels, politiques, commerciaux et bien d'autres encore, on est justement sur le point d'entrevoir, de dégager des conclusions indépendantes de l'origine particulière, et cela est un phénomène important.

Et si l'on ouvre la littérature sur le sujet, on voit qu'il est question de choses extrêmement variées : gestion d'entreprises très diverses, banque, entreprises de transport, entreprises sidérurgiques, entreprises commerciales, chimie, publicité, etc... questions militaires ou économiques, technologiques ou sociales et l'on est frappé de cette diversité.

Ce qu'il y a de significatif, ce qu'il y a de vraiment très important, c'est que l'on a appris, et peut-être depuis pas tellement longtemps - ou, du moins, ce n'est guère vulgarisé que depuis peu de temps - qu'un ingénieur peut avoir à apprendre du militaire et, permettez-moi de le souligner, réciproquement. Cet échange, cette impression que tous les gens qui ont à prendre des décisions ont quelque chose de commun et que l'un peut inspirer l'autre, que l'un peut instruire l'autre, voilà l'un des éléments fondamentaux du mouvement que j'essaie de décrire. Par quelle voie ? Non pas simplement par la communication de ce qu'ils appellent leurs "expérience", mais par la mise en forme et par la structure scientifique, voire même mathématique que l'on peut donner aux dites expériences.

En parlant des secteurs dans lesquels était née la recherche Opérationnelle, j'ai nommé, en commençant, le secteur militaire. Je vous donnerai, si vous voulez, quelques précisions à ce sujet. Il est exact, historiquement - et les dictionnaires du futur le relèveront certainement, que l'expression "recherche opérationnelle" est née, à la fin de l'année 1938, en Angleterre dans des milieux militaires. Il est exact que le mot "opérationnel" évoque ce que les militaires appellent **opérations**, c'est-à-dire tout l'ensemble de ce qu'a à connaître le 3ème Bureau de l'Etat-Major. On serait donc tenté de dire que la recherche opérationnelle a une origine militaire. Or c'est tout à fait inexact. Si j'interroge les militaires anglais eux-mêmes chez qui le mot est né, je m'aperçois de ceci : ils disent que les nouvelles techniques, les points de vue un peu particuliers qui leur ont été ouverts entre l'année 1938 et l'année 1945, viennent de ce que l'on a appliqué au domaine militaire des principes, des idées, des points de vue, des attitudes d'ordre industriel. Dans certains cas - pas toujours, bien entendu - mais dans certains cas bien précis, on a pu conduire certaines opérations de guerre comme si c'étaient des affaires industrielles, et c'est de cela qu'est né le nouveau mouvement.

La recherche opérationnelle n'a donc pas à proprement parler une origine militaire, mais c'est comme beaucoup d'autres choses, à l'occasion de la guerre que certains développements se sont faits à une cadence qu'on n'aurait pas pu imaginer antérieurement, un développement de certains types de recherches, étant données les exigences des besoins proprement militaires, et la priorité dont ils bénéficient en temps de guerre.

Vous voyez quel était le point de vue des militaires et combien il est intéressant. Certes, le Ministère de la Guerre savait, depuis longtemps, probablement depuis la première guerre mondiale, qu'il fallait mobiliser les techniciens et les savants. Par exemple, la protection des Iles Britanniques au moyen du radar a exigé la création d'un certain nombre de laboratoires concernant les

ondes centimétriques et le reste : on construit des appareils, on dote, si j'ose dire, les Iles Britanniques d'yeux et d'oreilles, d'organes sensoriels perfectionnés. Mais le cerveau ? Lorsque les appareils sont construits, il faut encore savoir comment les utiliser. Ce n'est plus du ressort du 4ème Bureau, mais du 3ème, c'est alors que tout change.

Le seul problème est de savoir si les techniques scientifiques, tout ce que représente l'acquis de la civilisation dans le domaine scientifique - et cela date de loin, comme vous le savez - qui a donné de si remarquables résultats dans le domaine de la matière (de la physique à la biologie) ne pourrait pas aussi bien dans le domaine de l'action et de la décision (qui sont proprement humaines) rendre les mêmes services ?

Quelques-uns, en Angleterre, ont pensé que oui. Ils ont fait tout ce qu'il fallait pour mettre en oeuvre, pour mobiliser des savants dans ce domaine, sur ce secteur particulier, autour du "3ème Bureau" celui des opérations. Il se trouve qu'ils n'ont pas mal réussi. Il se trouve que, de leur aveu, une grande partie de ce qui s'est passé, lors de ce que, maintenant, les historiens appellent la bataille d'Angleterre, ils n'ont pas joué un rôle médiocre, mais probablement même un rôle assez important. De là le succès, de là la notoriété, de là cet événement historique dont je parlais en commençant.

Prenons les choses comme elles sont. C'est une expérience, une réflexion scientifique sur la décision et sur l'action et qui est née dans les circonstances guerrières que je viens de dire. Et venons-en maintenant aux éléments fondamentaux de cette expérience.

Je crois qu'il serait prudent de très soigneusement distinguer dans la recherche opérationnelle, pour les années à venir, deux sortes d'éléments constitutifs :

- les uns sont, si vous me permettez l'expression, des modalités, de façons de faire ; quelques-unes de ces modalités sont d'ailleurs assez pittoresques, la plupart sont marquées vraiment par les circonstances.

- d'autre part, des techniques.

Commençons par les **modalités** de la recherche opérationnelle.

Quand on veut s'informer sur la recherche opérationnelle, il est utile de distinguer deux types de sources : les sources britanniques et les sources américaines. Bien qu'elles s'expriment presque dans la même langue, la tonalité est très différente.

En ce qui concerne les Britanniques, ils insistent beaucoup sur les modalités disant en quelque sorte que le reste viendra par surcroit. C'est bien conforme à ce qu'on nous a enseigné de leur tempérament, quand nous étions petits, et notre expérience de contact nous l'a confirmé : c'est bien conforme à ce que nous appelons quelquefois leur empirisme. Mais n'oubliez pas qu'outre l'empirisme britannique, il y a aussi l'humour britannique, qu'il faut en prendre et en laisser et qu'il vaut mieux aller voir sur place exactement comment les choses se passent. Ils méprisent beaucoup moins la technique qu'ils ne le disent ; mais, quand vous leur demandez, à eux qui sont les pionniers en la matière, ce qu'est la recherche opérationnelle, ils insisteront d'abord sur les modalités. Ils vous diront d'abord que la recherche opérationnelle, étant une étude scientifique de la décision, se place au niveau même où se prennent les décisions. Le chercheur opérationnel, disent-ils doit être aussi proche que possible du commandement, il doit travailler tout à fait à côté (closely) de l'homme responsable et en étroite collaboration avec lui.

C'est là un point qui, sans être nouveau, est tout de même assez important, demande des précautions, et introduit des difficultés de natures tout à fait particulières sur lesquelles je n'insisterai pas ici plus qu'il ne faut. Je veux simplement signaler au passage que la première difficulté est de savoir où se prennent vraiment les décisions.

Il ne faut pas croire que c'est en consultant un simple organigramme sur le papier, que l'on sait où se situent les organes de décision. L'étude est quelquefois plus difficile, surtout dans ces problèmes de nature assez vaste qui mettent en jeu des intérêts que l'on dit multiples. Dans ce cas, la localisation des centres de décision n'est pas facile, et l'on se demande à quel niveau doit travailler le chercheur opérationnel.

Il faut cependant retenir tout de même cette idée que les Britanniques traduisent de la façon suivante, en disant : Vous voulez une définition de la recherche opérationnelle, c'est : "quand on met un prix Nobel à côté du Commandant en chef". A ce moment-là, vous avez quelque petit espoir, une petite probabilité que commence quelque chose qui puisse ressembler à de la vraie recherche opérationnelle. Vous voyez cette intention, ce départ, pour briser les routines à un niveau, comme ils disent, très élevé.

Le problème qui se pose alors et qui s'est posé dans les expériences militaires initiales est le problème de la communication et le problème du langage.

Il n'est pas si facile, si élevé que soit le niveau, de faire communiquer une recherche scientifique d'un style traditionnel et les responsabilités même du chef suprême. Il est difficile à celui qui travaille scientifiquement dans ce domaine de savoir comment livrer les résultats de ses réflexions au chef responsable sans empiéter sur ses prérogatives, sans diminuer ses responsabilités et aussi sans l'obliger à "refaire les calculs".

On s'aperçoit alors que la boutade anglo-saxonne a une signification beaucoup plus profonde. On s'aperçoit que les problèmes de communication et de langage sont tout-à-fait essentiels, et ce n'est pas rien de constater par exemple, qu'à notre époque, hélas, après des siècles, il se trouve que le langage technique de l'aléatoire, de la probabilité, n'est pas familier à l'homme d'action.

Souvenez-vous, il y a déjà trois siècles, des savants ont fondé ce que nous appelons maintenant calcul des probabilités, non pas simplement pour le plaisir de faire des mathématiques, mais pour éclairer certaines formes de l'action humaine. Or, il se trouve que l'enseignement élémentaire n'en connaît encore rien, l'enseignement secondaire, si peu que ce n'est rien, l'enseignement supérieur, encore bien peu et facultativement. Et ceci n'est pas une situation spécialement française mais quasi-universelle.

De là résulte un certain décalage entre la recherche scientifique concernant l'action (là où précisément elle est particulièrement étudiée) et le domaine même des responsabilités. Et quiconque a eu tant soit peu l'expérience, même de début, de la recherche opérationnelle est frappé de ce poids considérable qui pèse sur notre civilisation, du fait qu'un certain effort technique n'a pas été suivi de réalisations culturelles correspondantes.

Il est vrai qu'il n'y a pas de technique sans culture, sans une certaine diffusion d'une certaine mentalité. Or, la mentalité aléatoire n'est pas très commune à notre époque. Elle est rare, elle demande, pour chacun, même pour le spécialiste un effort quotidien.

Il faut constater - et l'on voit ici que l'expérience militaire est probante, et l'expérience industrielle, à un certain niveau aussi - que l'on fait des progrès considérables dès que ces façons de penser la réalité sur le mode de la probabi-

lité, se diffusent peu à peu, à tous les échelons : ce n'est pas rapide, certes : il faut peut-être des générations pour y arriver. Mais il semble bien qu'on est en marche, on pourrait faire une enquête comparative avec ce qui se passait il y a vingt-cinq ans pour s'apercevoir que, dans certains milieux au moins, les dites idées font quelques progrès. Mais que parlais-je d'idées ? Il ne s'agit même pas d'idées, il s'agit souvent simplement de langage ; il s'agit d'arriver à faire que le mot "probabilité" ait à peu près le même sens chez le consultant et chez celui qui l'applique.

Donc, première modalité : le niveau, avec toutes les difficultés que cela implique entre l'exécutif, comme on dit en langage anglo-saxon, et l'expert. Cette coexistence difficile entre l'expert et l'exécutif, cette tension permanente entre les deux, est l'un des leit-motiv fondamentaux, et non pas seulement psychologique, de la recherche opérationnelle.

Deuxième modalité, sur laquelle on insiste souvent beaucoup, mais sur laquelle je passerai très rapidement : l'équilibre de l'équipe, la nécessité d'un travail interdisciplinaire. On l'a bien dit, on le précise : il ne s'agit ici ni de mathématiques, ni de sociologie, ni d'économie politique, ni de technologie de tel ou tel ordre, mais de tout cela à la fois. Et c'est vrai : l'action humaine est bien plongée dans un complexe sans pouvoir toujours en dissocier les divers éléments. Etant données les coupures entre les sciences telles que nous les vivons maintenant - mais nous n'y pouvons rien - il faut faire collaborer des savants et des techniciens de provenance très diverses. Il est vrai que les premières réussites en recherche opérationnelle ont mis ensemble des gens dont la formation était extrêmement variée : non seulement des mathématiciens, mais des gens ayant une solide formation dans le domaine des sciences dites humaines ou même simplement d'une certaine expérience humaine. On a fait souvent appel à des gens dont l'expérience antérieure avait été médicale, ou philologique, voire journalistique pour peu qu'elle ait été l'objet de réflexions qui pourraient, avec effort, devenir scientifiques.

Je passe sur cette diversité, qui n'est peut-être pas, pour le moment, l'essentiel, quoique cela pose des problèmes, et j'aborde la troisième modalité, qui me semble être la plus importante de toutes : c'est le retour aux sciences fondamentales. Trop souvent, lorsqu'on observe l'action telle qu'elle se fait, on s'aperçoit qu'elle est liée essentiellement à - comme on dit - une "expérience" acquise - mais difficilement communicable par manque de formalisation. C'est alors que l'on constatera la nécessité d'un approfondissement des recours aux sciences de base.

Si vous voulez bien, je laisserai de côté un certain nombre de ces sciences : je ne me sens pas qualifié pour en parler, spécialement dans le domaine des sciences humaines.

Je parlerai seulement des deux sciences de base que je connais le mieux ; je dis bien : science de base, fondamentales, voire même un peu abstraites, voire même un peu rebutantes, mais dont on vient de découvrir une efficacité, que dis-je, une rentabilité certaine.

Les lecteurs de quelques journaux parisiens ont pu lire, dans ces dernières semaines des petites annonces : "on demande des spécialistes de recherche opérationnelle", comme si cela se trouvait facilement. Mais regardez aussi bien, en Amérique, les journaux ou les revues spécialisées, et vous y verrez qu'on offre pas mal de dollars à des gens qui se trouveraient être possesseurs d'un certain capital intellectuel d'un ordre assez singulier, dont il ne semblait pas, jusqu'alors qu'il fut rentable.

On s'aperçoit que la connaissance de certains sujets peut être exploitée dans l' domaine industriel ou commercial. Lesquels ?

Il y a deux sortes de sujets, principalement, deux sortes de recherches d'ordre apparemment abstrait, qui, finalement, semblent avoir une efficacité.

Les uns sont d'ordre mathématique. Mais quelles mathématiques ? Toutes les mathématiques, bien sur ; je ne dirai point le contraire. Mais il se passe en ce moment un phénomène assez curieux : Jetons un coup d'oeil sur le développement des mathématiques dans ces cent cinquante dernières années. Que s'est-il passé ? Les mathématiques, certes, se sont développées à une cadence admirable mais dans quel sens ?

Je risquerai une hypothèse : il est possible que, dans certains domaines précis, il y ait eu des germinations d'idées qui ont bouleversé les mathématiques ou qui y ont apporté quelque chose d'essentiel ; mais le grand développement, le "gros de la troupe", comment agissait-il ? Je pense qu'il agissait dans la mesure même où il y avait des débouchés. Il se trouve que ce que l'on sait à l'heure actuelle, ce que nous savons, ce que nous avons appris, vous et moi, quand nous étions jeunes, en fait de mathématiques, ce sont principalement les mathématiques qui sont nécessaires à un certain type d'ingénieurs. Il n'est pas sûr que ce soit toujours les types de l'avenir ; il est probable que c'est surtout aux types qui ont déjà été expérimentés. Or, quels types l'ont été ? Essentiellement dans le domaine des réussites industrielles et scientifiques de l'époque antérieure.

Il est vrai que les mathématiques nécessaires pour construire des ponts, des avions, des chemins de fer, etc... ce sont celles-là qui ont été rentables, ce sont celles-là qui ont été, je ne dis pas seulement développées, mais répandues.

Par contre, des domaines sont restés quelque peu en friches, Je citerai un seul exemple, mais qui est, dans l'expérience actuelle de la recherche opérationnelle, extrêmement brûlant.

Lorsqu'il se pose un certain nombre de questions dans les problèmes de gestion, par exemple, on se heurte à ces problèmes qui mettent en jeu du continu, du discret. Or, il se trouve qu'on est extrêmement bien armé, à l'heure actuelle, pour travailler mathématiquement dans le domaine du continu: depuis les débuts du calcul différentiel et intégral, Dieu sait quels gigantesques progrès ont été faits. Par contre, dès qu'apparait le discret dans un problème, grosse difficulté : ça grince, et ne va plus très bien. Il faut faire appel, à ce moment là à des mathématiques insolites ; je dis insolites, plutôt que nouvelles (comme on dit quelquefois un peu imprudemment) ou difficiles.

Elles ne sont certainement pas nouvelles. Il y a, dans la littérature mathématique, celle qui dort sous la poussière des bibliothèques, des quantités de textes qui traitent de problèmes intéressants, mais qu'on ne connaît guère et qui pourtant, sont assez utiles. Lorsque, il y a une quinzaine d'années, on a commencé à développer la technique des programmes de transport et plus généralement, des programmes linéaires, on a exhumé de vieux théorèmes un peu oubliés. Mais on a bien vite compris aussi qu'il y avait des quantités de choses qu'on ne savait pas assez bien.

Quand il s'agit de trouver le maximum de quelque chose, la réaction de tout le monde, de vous et moi, qui avons été correctement enseignés, c'est de prendre la dérivée, mais ce n'est pas toujours possible, et, en discontinu, tout est anguleux, on ne sait plus ce qu'il faut faire.

Qui donc étudiait les polyèdres ? Quelques mathématiciens aux moeurs étranges - mais pas les ingénieurs. Lorsque nous avons reçu en France, après une interruption de six ans, les mémoires scientifiques venus de l'étranger, je me souviens avoir été, avec quelques camarades, assez frappé par nombre de mémoires concernant la géométrie des polyèdres (dans des espaces, pourvus d'un assez grand nombre de dimensions) avec la mention suivante : "financé par la

Marine américaine". Etait-ce de la reconversion ? Du mécénat ? Pas du tout, mais on s'était aperçu, quelques années auparavant, qu'il y avait là une mathématique non forcément difficile, non forcément nouvelle, mais insolite quant aux traditions scolaires et qu'il était utile de développer davantage.

Il y a là une modalité assez particulière et très importante de toute la recherche opérationnelle : une certaine liberté d'allure vis-à-vis de la construction des modèles mathématiques. Bien entendu, cette liberté d'allure se joint à quelque chose d'assez particulier qui fait la grande difficulté de l'application des modèles dans le domaine humain : c'est que, pour fabriquer un modèle mathématique, il faut simplifier. Or, simplifier, qu'est-ce que cela veut dire ?

Ce qui est simple pour nous, songeons-y bien, c'est peut-être ce à quoi nous avons été accoutumés depuis notre enfance.

Certes, une intégrale, fut-elle sextuple, ce n'est pas tellement compliqué, mais un polyèdre, c'est anguleux, et pas commode ; pourquoi ? Je ne reconstruis pas l'histoire, mais je trouve qu'il n'y a pas de raison, du point de vue mathématique, d'accorder un degré de difficulté à l'un plus qu'à l'autre. Il se trouve que nous avons été instruits ainsi et nos pères aussi ; il se trouve que la mathématique a une histoire, que cette histoire n'était peut-être pas absolument inévitable, que, comme pour l'histoire politique, les choses auraient pu se passer autrement. Mais nous en sommes là : nous avons des coutumes et des habitudes.

Quand un homme d'action me pose un problème, à moi technicien, que fais-je pour simplifier ? Pour moi, simplifier, c'est mettre ses idées à lui dans mes moules à moi. C'est peut-être ainsi qu'il faut commencer, mais il faudra bien finir par une réaction là contre. C'est de là qu'est venu le slogan, un peu exagéré je l'accorde, et qui ferait tressaillir quelques mathématiciens, à propos de toutes ces questions d'action, de ces questions de stratégie mathématique et autres, de dire qu'il s'agit de mathématiques "nouvelles". Disons plutôt d'un mot qui m'a paru mieux convenir, disons insolites, disons inhabituelles.

Il y a un autre domaine, une autre science fondamentale, qu'il faut creuser aussi et qui est non moins importante ; c'est la vieille théorie du **calcul économique**.

Il est certain, que, là aussi, le développement de l'histoire n'a pas été ce qu'il aurait dû être si les choses avaient marché comme maintenant nous souhaitons qu'elles marchent.

Il est vrai que la théorie du calcul économique est en train de se réhabiliter. Il est vrai que la représentation, à titre de modèle, d'un agent qui choisit entre plusieurs possibilités, suivant certains principes d'optimum ou de maximum, est en train de reprendre une nouvelle vie. Pourquoi ? Tout simplement à la suite du phénomène suivant.

Pendant tout un long temps de l'histoire, les économistes, du moins les économistes de nos pays, ont cherché à décrire les phénomènes économiques tels qu'ils se passent. Ils ont inventé l'homo oeconomicus. Evidemment, on s'en est moqué. Il est vrai qu'on n'a pas l'occasion de le rencontrer souvent, il est vrai que les choses se passent peut-être un peu autrement.

Mais, le jour où il ne s'agit plus de savoir ce qui se passe, mais de savoir comment je dois agir, alors c'est différent, et là, il se trouve, en effet, que sont réhabilitées un certain nombre de techniques héritées des siècles passés dans lesquelles on s'aperçoit qu'il y a beaucoup plus à prendre qu'on imaginait et que toute une partie de la théorie économique est certainement fort utile dans le domaine de la décision.

Il est vrai que les économistes, depuis fort longtemps, se sont posés le problème de savoir quel est le choix le plus "économique", comme ils disent justement dans leur langage qui est ici particulièrement pertinent. Dans ce domaine aussi, au point de vue de l'enseignement, certes, il y a beaucoup à faire. Il n'est pas exact de dire que la plupart des notions de cette espèce sont devenues communes, par exemple, celle de "coût marginal", pour prendre une notion des plus simples et peut-être une des plus connues. Non, elles sont encore l'objet de discussions, qui témoignent de beaucoup d'incompréhensions. En fait, il s'agit de savoir si cet instrument peut servir et comment il doit servir.

Je me permets, au sujet de cette troisième modalité importante de la recherche fondamentale, de rappeler quelque chose d'essentiel ; c'est que la science, quelle qu'elle soit, aussi bien la science mathématique que la science économique, ne sont pas des choses du passé ; elles sont susceptibles, tous les jours, de devenir, et il s'agit de savoir ce qu'elles deviendront. Pour cela, cette collaboration initiale dont je parlais entre l'homme de science et l'homme d'action est nécessaire.

Passons maintenant aux techniques. A ce sujet, je serai bref, parce qu'elles ont déjà été évoquées. Pour les fixer d'un mot, je dirai évoquant la **séance** de ce matin : "savoir si, oui ou non, c'est son anniversaire"... Voilà le véritable problème et comme il faut le poser. En effet, c'est bien là, dans sa simplicité, le problème type. Un but à atteindre qu'on ne sait **comment** atteindre, pour diverses "raisons". Il y a trois espèces de "raisons" :

1° - parce que, dans la vie, il y a des aléas ; il va falloir tenir compte des aléas,

2° - parce que les situations sont toujours extrêmement complexes ; peut être celle de l'achat de fleurs l'est-elle aussi, mais il faudrait y regarder de près. En tout cas, dans le domaine industriel, commercial ou militaire, personne ne nie que les situations peuvent être très complexes ; on serait même plutôt tenté d'exagérer.

3° - parce que souvent il y a pire que les aléas, et pire que la complexité : il y a des adversaires, et il faut tenir compte du fait qu'ils peuvent aussi utiliser les mêmes techniques que nous, ils peuvent réfléchir de la même façon, ils peuvent essayer de contrebattre les mesures que nous allons prendre.

Voilà les trois titres de chapitres sous lesquels je serais tenté de ranger à peu près toutes les techniques actuellement utilisées en Recherche Opérationnelle.

Les plus importantes, vous n'en doutez pas, sont les techniques de l'aléatoire.

Ce qui différencie profondément la recherche opérationnelle de l'ancien "scientific management" de l'époque (il y a cinquante ans) de TAYLOR, c'est ceci : TAYLOR vivait dans un climat scientifique qui était essentiellement déterministe. Relisons les textes de l'époque : nous serons frappés de voir avec quelle insistance le déterminisme est pris comme règle d'efficacité de l'action. C'est une date dans l'histoire, certes, une date importante (je crois qu'il ne faut s'en dissimuler ni l'importance ni le poids, comme elle a pesé sur l'évolution industrielle. Bénéfique ou non ? C'est à voir).

En tout cas, nous pouvons dire qu'il semble bien qu'on soit en train de faire un autre pas en avant. Il est vrai que nous ne sommes plus aussi systématique qu'on pouvait l'être à cette époque, nous savons bien que le hasard est partout, et surtout, et même davantage, que le hasard devient en quelque sorte un produit industriel, car non seulement le hasard est quelque chose contre quoi on se bat, mais avec quoi on travaille. Songez au contrôle statistique, et représen-

tez-vous, en ce moment où je parle, un certain nombre de lieux, dans le monde entier - regardons les de haut -, établissements industriels ou laboratoires, lieux techniques ou scientifiques, où des gens très sérieux sont en train de tirer au sort, non pas pour jouer à la loterie, mais pour choisir un plan d'expériences par exemple. N'est-il pas étrange de se servir du hasard volontaire pour un but certain ?

Le hasard devient un produit industriel. Nous savons qu'il est possible de traiter techniquement et scientifiquement des phénomènes que nous représentons sous forme aléatoire.

Nous avons, d'autre part aussi, l'impression que, depuis peu de temps, surtout dans le domaine de la statistique appliquée à l'industrie et au commerce, un changement de décor s'effectue sous nos yeux. Nous avons l'impression que, dans les travaux des statisticiens, de plus en plus fréquemment, apparaissent des considérations économiques.

On parle non seulement des probabilités, mais on revient au leit-motiv que nous trouvons tout au long de l'histoire du calcul des probabilités. Quand on parle d'argent et d'espérance mathématique, ce n'est pas pour rien : Vous vous souvenez que, dans les bons vieux traités, ceux même qui se veulent le plus abstraits, on donne un franc à quelqu'un s'il se passe quelque chose et on lui retire un franc s'il se passe autre chose. Eh bien, cela, qui nous apparaissait peut-être, à notre époque d'étudiant, comme des manières un peu vieillottes de présenter un calcul apparaît maintenant comme d'une actualité brûlante.

Il est vrai que ce qu'on demande au statisticien, ce n'est pas de porter des verdicts d'ordre épistémologique ou idéologique sur la nature, en disant les probabilités telles qu'elles sont ; ce qu'on lui demande, c'est de gagner de l'argent, en conséquence de quoi, lui aussi doit faire ses comptes. De là le développement de cette espèce d'attitude du statisticien comme joueur : au début, c'est à peine une demi-teinte, mais, de plus en plus, on s'approche de l'assureur, du comptable de l'homme d'affaires, dans la façon de présenter les verdicts du statisticien.

Il y a là un mouvement qui me paraît être une des composantes fondamentales de l'histoire que j'essaie de décrire et qui se trouve au cœur même de toutes les applications du calcul des probabilités dans la recherche opérationnelle.

Je n'insisterai pas davantage sur les aléas. On en a parlé, on en reparlera encore ; c'est le sujet de toutes vos séances.

Il y a, en second lieu, les questions de complexité. Il est vrai que les problèmes sont complexes et qu'il faut les simplifier, ou plutôt il faut savoir comment les prendre.

La recherche opérationnelle, à l'heure actuelle, a un besoin, une faim immense de certaines recherches mathématiques concernant la détermination d'un maximum dans une forêt extrêmement complexe de valeurs. Ce ne sont plus des maximums si faciles à localiser par le simple critère de la dérivée, ce sont tous problèmes de programmes économiques dont les applications, comme vous le savez, sont innombrables : programmes d'investissement, programmes de transports, programmes de stocks, programmes de fabrication, etc... et pour lesquels l'optimum est beaucoup moins accessible à qui ne sait que la mathématique "classique".

Il y a là une recherche spéciale, très vaste et en évolution extrêmement rapide, sous la pression des besoins. On voit les progrès que fait de semestre en semestre la théorie des programmes linéaires et combien il est peu prudent de s'imaginer, au vu des premiers travaux faits dans cette voie, que tout est dit et qu'il n'y a qu'à appliquer des formules. La Recherche Opérationnelle, est opérationnelle, mais c'est une recherche.

La première idée qui s'est répandue dans le public concernant les programmes linéaires est qu'ils avaient une solution mathématique et qu'il fallait une grosse machine électronique. Mais, la réalité est plus compliquée que cela, et, comme je le disais tout à l'heure à propos de n'importe quelle science, tout évolue très vite sous l'influence même des demandes.

J'insiste beaucoup sur ce point : les mathématiques dans ce domaine, ne sont pas des mathématiques proprement désintéressées, mais elles sont sous la pression immédiate des besoins, besoins militaires, ou besoins industriels. On s'aperçoit que les choses sont à la fois moins compliquées, dans un sens, et plus complexes en un autre sens, qu'on ne l'imaginait. On s'aperçoit qu'il faut peut-être revenir en arrière, revenir aux sources mêmes de la recherche mathématique, et c'est la raison pour laquelle une mathématique, même très profonde même abstraite, est souvent indispensable dans ce domaine.

Il faut dire d'ailleurs, que le bénéfice n'en est pas moins considérable. Les mathématiciens et les économistes théoriciens se sont aperçu qu'un certain nombre d'outils commodes, comme les vieux multiplicateurs de Lagrange, qui permettaient de trouver des optimums complexes, sont, au fond, au coeur de toute décision quelle qu'elle soit. L'idée est la suivante : chacun, vous, moi, n'importe qui, nos chefs responsables et les autres, quand ils veulent agir, ont toujours plusieurs buts : ils veulent que cela dure le moins longtemps possible, que cela coûte le moins cher possible et que cela ait le plus de rendement possible ; ils veulent plusieurs maximums à la fois.

Il est clair qu'on ne peut point satisfaire tout le monde à la fois, il est clair que, quelque décision que l'on prenne, ce sera un arbitrage. Eh, bien, on s'aperçoit - c'est tout simple, c'est tout bête, et il est probable que, d'ici quinze ans, cela sera enseigné à un niveau très élémentaire - que les multiplicateurs de Lagrange ne sont qu'une façon de voir ces choses, une façon de rendre conscient que n'importe quelle décision est toujours l'arbitrage entre des optimums contradictoires.

Eh bien, ne serait-ce que cela, ne serait-ce que d'avoir pu mettre sous les yeux mêmes de celui qui avait à prendre la décision que les divers objectifs qu'il poursuivait étaient, dans une certaine mesure, en tension les uns vis-à-vis des autres et en partie contradictoires et que, finalement, la décision qu'il prenait était un arbitrage entre tous, cela vaudrait la peine que l'on développe ces techniques, qu'on les enseigne même à un niveau rudimentaire, et même, bien entendu sans machine électronique.

Le troisième type de technique, enfin, est celle qui essaye de mettre en forme en modèle mathématique et cohérent, l'adversaire, le concurrent, le collaborateur disons, un peu pompeusement : l'Autre. Toutes les nuances sont possibles, entre celui qui épouse parfaitement vos idées (alter ego, dites-vous) jusqu'à l'ennemi : le collaborateur qui a ses petites idées à lui, l'associé qui a payé le droit d'avoir ses propres idées, le concurrent qui poursuit son propre intérêt sans souci du vôtre, l'adversaire qui cherche à vous nuire, l'ennemi dont parlent les guerriers.

Toute la gamme doit être explorée dans ce domaine. On a surtout des espérances. Il faut dire que les applications directes de la théorie mathématique de la stratégie dans le domaine industriel, voire militaire, sont encore assez minces pour qu'on ait le droit d'insister sur l'importance que ces études doivent revêtir dans le futur. C'est encore dans la statistique que l'on peut présenter les meilleures applications de la théorie des jeux.

J'en ai terminé. Excusez-moi d'avoir été trop long.

Ces quelques propos, vous savez ce que j'en ai dit en débutant ; je ne me dédis point : ils étaient abstraits, c'étaient des idées générales, c'était une vue

d'enfilade sur un mouvement historique. Aurait-il mieux valu faire au tableau noir un petit croquis et traiter un exemple numérique ? Je ne l'ai pas cru. Il est en train de se passer quelque chose. Vous êtes de ceux qui peuvent y être attentifs. La seule chose que j'ai à dire, la voilà : soyez attentifs (Applaudissements).

G. Th. GUILBAUD

DISCUSSION

Président M. BATICLE

M. le Président remercie très vivement M. GUILBAUD de son très brillant exposé et d'avoir bien expliqué ce que pouvait être cette science nouvelle, véritable science de l'opération, le mot opération étant pris dans le sens le plus large.

M. le Président insiste sur le fait qui a été mis en avant par M. GUILBAUD : ce n'est pas sur un problème particulier de recherche opérationnelle que l'on peut juger cette discipline, mais c'est précisément sur l'ensemble, par la diversité de son domaine d'application.

"Il faut, dit M. BATICLE, féliciter M. GUILBAUD, qui, en France, a contribué, contribue encore et contribuera très longtemps, je l'espère, à développer cette science, et il faut le remercier de s'y être consacré avec autant d'intelligence".

M. FRÉCHET joint ses compliments à ceux que M. le Président BATICLE a faits à M. GUILBAUD et présente deux remarques.

A propos de ce que M. GUILBAUD a dit sur le fait que, actuellement, dans les applications, on se dirige plutôt vers les mathématiques du discontinu, M. FRÉCHET rappelle une remarque qu'il a faite plusieurs fois en ce qui concerne l'enseignement :

"Il serait bon, dit M. FRÉCHET, de rappeler aux élèves de mathématiques spéciales qu'à côté des équations auxquelles ils sont habitués, il y a, si l'on introduit la valeur absolue de la variable, au lieu du carré ou des puissances de celle-ci, des équations non algébriques mais tout aussi simples et qui représentent des figures qui ne sont pas forcément discontinues, mais qui ont des tangentes discontinues, figures qui leur ont été présentées comme les plus simples dans la géométrie élémentaire d'Euclide : par exemple, le carré, dont l'équation est : $|x| + |y| = 1$

D'autre part, M. FRÉCHET pense que si l'on s'attachait littéralement à cette idée que la recherche opérationnelle est l'étude de la formation des décisions, ce serait simplement un chapitre très important de la psychologie. C'est probablement faux, mais c'est la première impression que l'on a. Et M. FRÉCHET croit que, pour éclairer sur le sens de la recherche opérationnelle, il faudrait précisément insister sur ce qui la distingue d'un chapitre de la psychologie. Il invite M. GUILBAUD à nous faire voir cette distinction.

M. GUILBAUD est très reconnaissant à M. FRÉCHET, d'abord d'avoir insisté sur le point des mathématiques insolites. En effet, les choses qui nous paraissent un peu effrayantes à cause de l'enseignement que nous avons reçu peuvent n'être au fond, dans leur substance, que très simples.

En ce qui concerne le deuxième point (psychologie ou non ?) M. GUILBAUD indique qu'il y a, en effet, dans certains problèmes de recherches opérationnelles, un apport de la science psychologique, dans la mesure où elle est constituée. Il y a eu déjà des travaux du style opérationnel dans l'ordre de l'étude de l'homme comme machine, ou comme être humain en liaison avec une machine.

Cependant, il semble à M. GUILBAUD que la recherche opérationnelle doit être soigneusement distinguée de la recherche d'ordre psychologique ; lorsqu'on étudie un problème de décision, on ne se place pas dans l'état d'esprit du psychologue. Pour lui, le problème est de savoir comment se prennent telles et telles décisions, dans telles et telles circonstances humaines ou matérielles déterminées. Un psychologue peut faire la psychologie de la décision. Quelques-uns ont déjà monté des expériences de laboratoire, d'une part, conduit des observations, d'autre part, qui prennent l'homme décidant comme objet.

Cela certes, est utile pour la recherche opérationnelle, mais ce n'est pas de l'ordre de la recherche auquel se place M. GUILBAUD, car il se place au contraire dans la position du responsable.

C'est pourquoi l'exemple de ce matin : acheter des fleurs ou non, lui paraît particulièrement topique dans ce domaine. Certes, celui qui aura, comme on dit, de la psychologie réussira mieux ; c'est vrai, mais fût-on très psychologue, il reste encore un quid, une analyse des avantages et des inconvénients.

M. GUILBAUD croit que le problème est d'un autre ordre, d'un ordre qui s'apparenterait davantage à la morale qu'à la psychologie. Il est vrai que les moralistes, dans une part au moins de leurs discours, cherchent à nous faire atteindre un but : "Tu veux telle ou telle espèce de bonheur ? Eh, bien, fais de telle et telle façon."

Cela n'est pas de la psychologie. Cela, certes, se meut sur un terrain psychologique ; puisque cela s'adresse à un homme, on doit tenir compte du psychisme humain, et qui l'ignorerait ferait évidemment des fautes assez considérables. Mais cela est d'un autre ordre et comme, pour ainsi dire, coiffant tout ce qui est d'ordre psychologique.

"J'ai dit tout à l'heure, poursuit M. GUILBAUD que, bien souvent, quand un homme bien souvent, quand un homme politique, par exemple, parle des décisions économiques, il fera une liste des objectifs économiques et il sera de l'ordre de la compétence de l'économiste de lui révéler s'il y a des contradictions dans toutes les choses qu'il poursuit à la fois. Il se peut qu'on ne puisse pas les réaliser toutes simultanément. Il y a donc une critique des fins qui doit être faite du point de vue de la recherche opérationnelle dans tous les domaines. Donc, cela a bien la même ambiguïté que la morale traditionnelle ; mais c'est, si vous voulez une morale industrielle, une règle de comportement, une règle de comportement, une règle de conduite qui tient compte de la psychologie, mais, qui, à ma connaissance, d'après ce qui s'est intitulé psychologie depuis qu'elle existe, n'est pas subordonnée à la psychologie, mais, au contraire, considère que la connaissance du psychisme humain lui est subordonnée, il me semble.

La grande différence aussi avec toute science psychologique ou morale ou autre, c'est que la décision, la plupart du temps, est urgente et intéressée. C'est vraiment une discipline à laquelle doit se plier le chercheur opérationnel et ce n'est pas facile, parce qu'elle est, pour ainsi dire, une antinomie avec la discipline scientifique habituelle.

"Voilà le dossier des renseignements ; dites moi ce que vous pouvez me dire à l'heure actuelle. La première réaction est de dire : mais il manque telle statistique, je voudrais savoir ceci et cela. Le chef (militaire ou industriel) répond : je ne veux pas le savoir, je n'ai pas le temps ; c'est d'ici une heure qu'il me faut prendre la décision ; je ne peux rien faire d'autre, dites-moi ce que vous pouvez dire dans l'intervalle de temps qui vous est laissé.

" C'est une certaine gymnastique pour les cerveaux scientifiques, qui n'est pas commode en général, qui, pourtant, est fondamentale, et qui, d'ailleurs, se rapproche assez bien d'un certain nombre de schémas qu'on nous a appris et dont nous ne voyions pas, quand nous étions jeunes, toute l'efficacité, concernant la probabilité des causes, objectives ou subjectives. Et le mouvement même qui critique en ce moment les fondements de la probabilité du point de vue de l'action est lié à certaines de nos exigences.

"Il est vrai que, si l'on veut plus de renseignements, il faudra payer. Le but, je l'ai dit en commençant, est de gagner de l'argent. On n'a pas assez d'informations pour décider, mais il faut décider quand même. Comme le disait un bon mathématicien, nous sommes embarqués. Il s'agit de décider, c'est la morale de l'histoire. Je crois que, pour la formation scientifique, c'est une ascèse qui n'est pas mauvaise."

M. le Président en revient à l'intérêt de considérer le caractère subjectif de la probabilité. Si vous prenez une décision, c'est parce que vous donnez une signification à ce nombre qu'est une probabilité. Il n'est pas seulement un concept purement mathématique mais il est assorti d'un caractère subjectif, puisqu'il est subjectif d'entraîner des décisions dans un sens ou dans un autre.